

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J31H96000000011

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

**QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO CAPANNELLE E PRG CIAMPINO 2^
FASE LATO ROMA**

PRG

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

NR 45 21 R 69 RG GE 0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Ravasi	Febbraio 2021	F. Mancini	Febbraio 2021	T. Paoletti	Febbraio 2021	M.Comedini Febbraio 2021

File: NR4521R69RGGE0001001B

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	9
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	10
4	ASSETTO GENERALE.....	12
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
4.1.1	<i>Assetto strutturale</i>	12
4.1.2	<i>Assetto stratigrafico</i>	14
4.1.3	<i>Inquadramento geologico</i>	18
4.1.4	<i>Geomorfologia dell'area</i>	21
4.2	INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	23
5	CARTOGRAFIA DEL RISCHIO	26
6	INDAGINI.....	28
6.1	PREMESSA	28
7	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO	31
8	INQUADRAMENTO SISMICO.....	33
8.1	PREMESSA	33
8.1	AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE	34
8.2	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	38
8.3	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	44
9	CONCLUSIONI	46

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	21 R 69	RG	GE 0001 001	B	3 di 50

10 BIBLIOGRAFIA.....48

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
 IDROGEOLOGICA E SISMICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NR45	21 R 69	RG	GE 0001 001	B	4 di 50

TAVOLE DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	R	4	5	2	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta geologica e profilo geologico	1:5000/2000	N	R	4	5	2	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/2000	N	R	4	5	2	1	R	6	9	N	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A

ELABORATI DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	R	4	5	2	1	R	6	9	I	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Indagini geofisiche	-	N	R	4	5	2	1	R	6	9	I	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Indagini geognostiche	-	N	R	4	5	2	1	R	6	9	S	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Prove di laboratorio	-	N	R	4	5	2	1	R	6	9	P	R	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 5 di 50

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica redatto per la Progettazione di Fattibilità tecnico-Economica del PRG di Ciampino, presso la stazione di Ciampino, ubicata nell'omonimo Comune. Gli interventi previsti si articolano in due fasi:

- Fase 3, comprendente interventi, a partire dalla stazione di Ciampino, sulla linea per Velletri, Albano e Frascati;
- Fase 4, comprendente interventi, a partire dalla stazione di Ciampino, sulla linea per Frascati e per Cassino.

Il progetto del Quadruplicamento nasce dalla necessità di superare l'imbuto che si crea dalla Stazione di Ciampino verso Roma dove è presente una sola coppia di binari, da qui l'esigenza di un quadruplicamento di binari che, partendo proprio dalla stazione di Ciampino, potesse innestarsi sul tracciato esistente, in direzione di Roma, tramite un bivio in linea, arrivando fino a Viale Appio Claudio. Il progetto prevede dunque la costruzione della nuova coppia di binari fra Capannelle e Ciampino, e i connessi interventi di adeguamento della fermata attuale di Capannelle e delle opere d'arte esistenti.

Il progetto del PRG di Ciampino prevede invece le modifiche necessarie a ricevere la nuova coppia di binari del Quadruplicamento e nasce con l'obiettivo appunto di ridurre i tempi e i costi di realizzazione dell'intervento di quadruplicamento, inserito tra le Opere Commissariate nel Decreto Sblocca Cantieri.

Il progetto della prima fase funzionale PRG di Ciampino, Radice Castelli, è stato completato da Italferr nel 2020 e prevedeva la demolizione e sostituzione di alcune comunicazioni, con velocizzazione a 60 Km/h e riposizionamento dei binari I, II, III e IV.

La seconda fase, oggetto dell'attuale progetto, Radice Roma, completa la messa a PRG della Stazione di Ciampino prevedendo un diverso assetto della futura radice lato Roma tale che si possa pervenire all'attivazione del quadruplicamento prima di quanto ipotizzabile nella precedente configurazione.

La configurazione di riferimento per il PRG Radice Roma, riportata in Figura 1. 1, considera come già completata la Radice Castelli oggetto del precedente progetto terminato nel 2020.

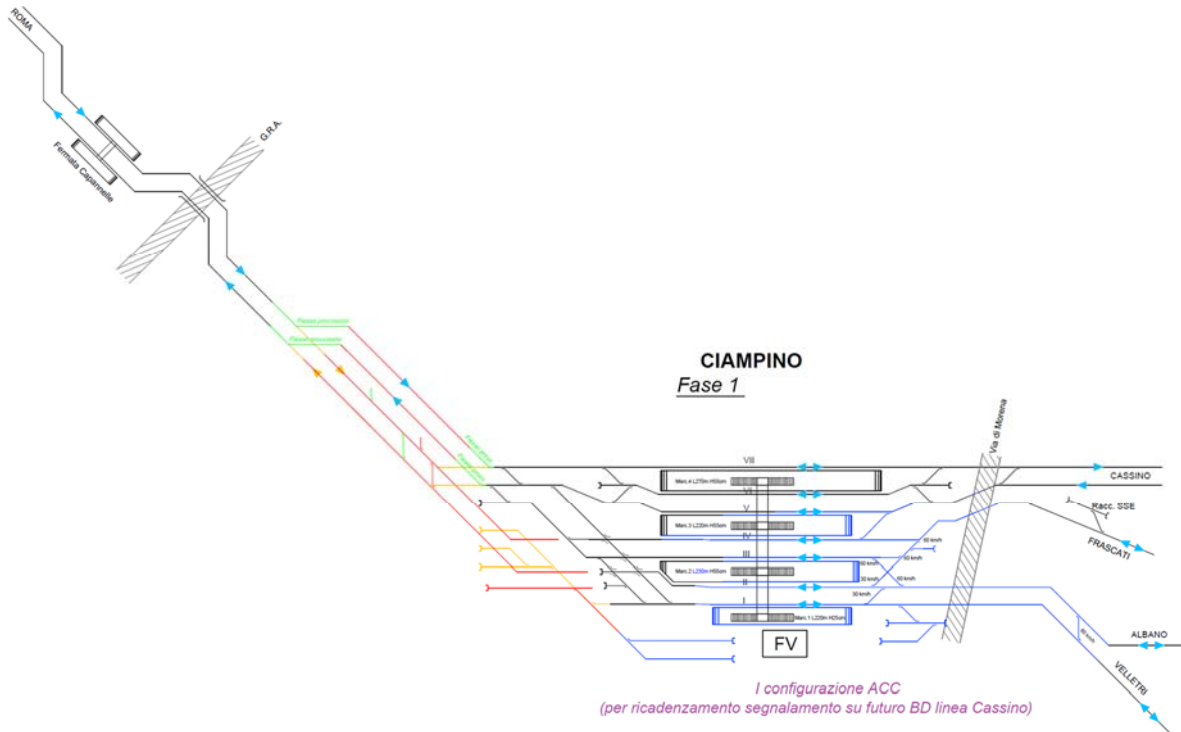


Figura 1. 1 Configurazione di riferimento

Più nel dettaglio, il progetto riguarda la realizzazione di:

- interventi di mitigazione acustica mediante realizzazione di barriere antirumore;
- muri lungolinea in ingresso a Ciampino;
- adeguamento sottovia pedonale esistente;
- impianti IS riconfigurazione per fasi della cabina ACC di Ciampino e del Posto Centrale ACCM/SCC di Roma Termini, Modifiche di piazzale IS dell'ACC di Ciampino con riconfigurazione SCCM;
- impianti TLC interventi sui cavi principali e secondari, adeguamento del sistema di telefonia selettiva di piazzale STSI, ripristino de i cavi ottici ed in rame;
- impianti RED;
- interventi sulla LC;
- armamento

Dal punto di vista funzionale e dell'esercizio, la realizzazione della nuova Radice Roma di Ciampino sarà articolata nelle seguenti fasi funzionali:

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 7 di 50

- Fase 1: realizzazione di un tratto dei futuri binari della linea Cassino allacciati ai binari di corsa lato Capannelle e al VI e VII binario lato Ciampino attraverso flessi provvisori (con prima riconfigurazione di apparato)
- Fase 2: interventi sul primo binario lato Roma
- Fase 3: completamento interventi sul primo binario lato Roma (II riconfigurazione di apparato)
- Fase 4: interventi sul III binario e varo nuova comunicazione tra il II e III binario (III riconfigurazione di apparato)
- Fase 5: interventi sul IV binario e realizzazione in posizione definitiva degli allacci dei binari della linea Cassino su VI e VII binario (IV riconfigurazione di apparato)

Con la fase 5 si completa l'adeguamento del PRG di Ciampino in attesa dei lavori del Quadruplicamento.

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti da indagini geognostiche e prove in situ eseguite nel febbraio 2020 (atte alla caratterizzazione dei litotipi presenti e delle loro proprietà geotecniche) e da indagini geofisiche eseguite nel 2016 per il presente progetto.

Le indagini geognostiche e geofisiche realizzate per il presente progetto comprendono:

- n. 5 sondaggi a carotaggio continuo spinti a profondità tra i 30 e i 50 m di profondità da p.c. con esecuzione di prove in foro di tipo SPT e prove di permeabilità Lefranc. In due dei cinque sondaggi è presente strumentazione per il monitoraggio del livello di falda (piezometri a tubo aperto);
- n. 1 prova sismica MASW e n. 1 prospezione elettromagnetica FDEM.

Il progetto si colloca nella zona sud est dell'hinterland romano e coinvolge i comuni di Roma e Ciampino.

Nel dettaglio l'intervento viene diviso in due lotti:

- Lotto 1.1: Quadruplicamento Linea
- Lotto 2.1: PRG Ciampino Radice Roma

In sintesi, nei capitoli seguenti verranno approfondite le seguenti tematiche:

1. Inquadramento geografico;
2. Inquadramento generale dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici;
3. Descrizione stratigrafica di dettaglio dell'area di intervento;

4. Analisi del rischio geologico-geomorfologico e idraulico;
5. Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione;
6. Conclusioni geologiche sulla base dei dati a disposizione.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA</p> <p>PRG</p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>NR45</p>	<p>LOTTO</p> <p>21 R 69</p>	<p>CODIFICA</p> <p>RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 001</p>	<p>REV.</p> <p>B</p>	<p>FOGLIO</p> <p>9 di 50</p>

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», G.U. n.42 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.8.
- D.M. 17/01/2018, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.
- RFI DTC SI AG MA IFS 002 A del Dic. 2018: Manuale di progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia.
- Tariffa IG di RFI in vigore nel 2018.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-2018 “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Sez. 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche”.
- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”. (DPR. 5 ottobre 2010, n. 207 artt. 52-53).
- RFI DTC INC LG IFS 001 A del 21-12-2012 – “Linea guida per la definizione della graduatoria di priorità dei tratti dell'infrastruttura ferroviaria interessati da fenomeni di dissesto idrogeologico, in base al valore di rischio ferroviario”.

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio del presente progetto si trova presso la stazione ferroviaria di Ciampino, e comprende interventi:

La tratta oggetto di quadruplicamento della linea ferroviaria si trova in provincia di Roma nel Comune di Ciampino, in prossimità dell'aeroporto G.B. Pastine di Ciampino; a sud-est rispetto alla città di Roma.

Con riferimento alla cartografia stradale l'area oggetto del presente lavoro è individuabile in Figura 3-1 e nel dettaglio in Figura 3-2. In Figura 3-3 invece si individua l'area di progetto su immagine aerea.



Figura 3-1 – Carta stradale dell'area in esame con l'area di progetto (linea rossa) .



Figura 3-2 – Carta stradale di dettaglio dell’area di progetto (linea rossa)

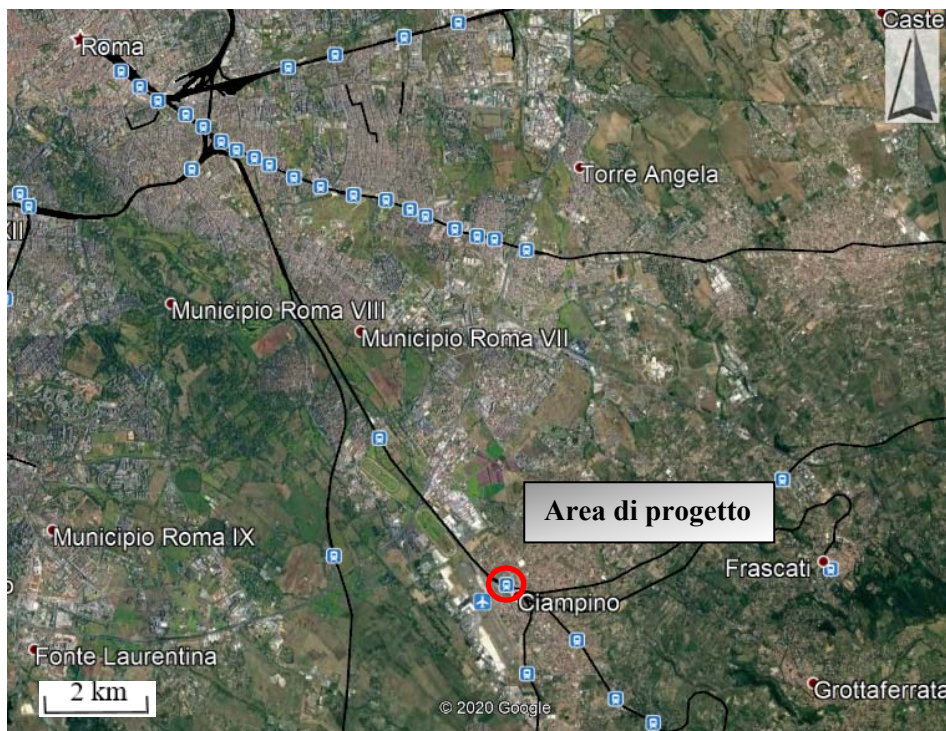


Figura 3-3 – Immagine aerea della zona oggetto di studio con l’ubicazione dell’area di progetto (in rosso) lungo la linea ferroviaria Roma – Albano L. (Immagine Google Earth)

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 12 di 50

4 ASSETTO GENERALE

Nei paragrafi seguenti si riporta l'inquadramento tettonico e strutturale, l'inquadramento geologico regionale, l'inquadramento geomorfologico e l'inquadramento idrogeologico dell'area di studio.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1.1 *Assetto strutturale*

In questo paragrafo vengono definite le caratteristiche strutturali generali dell'area di Roma, nella quali si trova l'area di progetto della presente relazione.

Introducendo quella che è l'evoluzione geologica e paleogeografica dell'area romana bisogna dire che ha avuto una storia geologica complessa, legata all'evoluzione geodinamica dell'area mediterranea tuttora in corso, che ha determinato un assetto del territorio molto articolato.

Da un punto di vista geologico-strutturale l'area romana è legata all'evoluzione del margine tirrenico che, a partire dal Pliocene, viene interessato da un progressivo processo di rifting che porta ad un notevole assottigliamento crostale. A causa di tale processo l'intera area viene sommersa da un mare piuttosto profondo, dal quale emergevano alti strutturali rappresentati dalle isole del Monte Soratte e dei Monti Cornicolani, in cui si accumulava nel tempo una potente serie di terreni prevalentemente argilloso-marnosi dello spessore di diverse centinaia di metri.

Durante il Pleistocene inferiore, si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici sia dal ripetersi di periodi glaciali e interglaciali che provocarono oscillazioni del livello marino. Tali mutamenti portarono ad una diversificazione dei prodotti di sedimentazione che da depositi prevalentemente argillosi marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbiosi di origine continentale. Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale formando una serie ritmica di depositi argilloso-marnosi, argilloso-sabbiosi e sabbiosi conosciute in letteratura con diversi nomi: Argille Vaticane, Argille Azzurre, Unità di Monte Vaticano, sabbie dell'Astiano.

Per i terreni descritti, la letteratura moderna, con l'evolversi delle conoscenze stratigrafiche, ha istituito nuove formazioni e nuove suddivisioni, nel presente lavoro invece si è preferito mantenere una distinzione relativamente litologica per cui i terreni del Plio-Pleistocene sono stati suddivisi in due unità definite "Formazione di Monte Vaticano" e "Complesso dei depositi sabbiosi" che raggruppano numerose unità geologiche. I due termini costituiscono la base sedimentaria marina al di sopra della quale si rinvengono tutti i terreni del "Pleistocene Glaciale" (sedimentario e vulcanico) direttamente osservabili entro il territorio comunale.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 13 di 50

Dopo una fase glaciale (emersione – avanzamento della linea di costa – periodo erosivo), databile a circa 750.000 anni fa, con l’interglaciale (immersione – arretramento della linea di costa – periodo deposizionale) si instaura su gran parte del territorio un ambiente di tipo continentale con deposito di sedimenti argillosi, sabbiosi e ghiaiosi, che ricoprono i sottostanti orizzonti marini del Plio-Pleistocene.

A tale sequenza sedimentaria continentale di colmamento viene dato il nome di Unità del Paleotevere 1 e 2 o Formazione di Ponte Galeria (in questa unità sono state inserite anche altre formazioni conosciute in letteratura con i termini Unità di Santa Cecilia, Monte Ciocci e fosso della Crescenza). A questo periodo seguono altre glaciazioni e periodi interglaciali, con variazioni del livello del mare e colmamenti delle zone precedentemente incise.

Al termine di uno dei cicli glaciali (erosione e poi deposito), si ha la formazione di due distinti distretti vulcanici, i Colli Albani a sud-est e i Sabatini a nord-ovest, della città di Roma, che manifestano la loro attività quasi contemporaneamente. I materiali dei due apparati ricoprono migliaia di km² di territorio, con spessori variabili da pochi metri nelle zone distali, a diverse centinaia di metri nelle aree prossimali ai centri eruttivi. L’attività vulcanica ha dato luogo a vari tipi di depositi: piroclastiti di ricaduta, colate piroclastiche, colate di tipo idromagmatico e colate laviche.

A sud e a est di Roma, dove si trova l’area di progetto, si hanno prevalentemente i prodotti vulcanici legati all’attività dei Colli Albani, mentre a nord e a ovest quelli dei numerosi centri eruttivi dei Sabatini (Baccano, Bracciano, Sacrofano, Trevignano e molti altri centri minori). Per il vulcanismo dei Colli Albani sono state individuate diverse fasi di attività (De Rita et al., 1988), di cui tre principali: la prima fase denominata del Tuscolano-Artemisio (tra 600.000 e 300.000 anni), la seconda fase denominata dei Campi di Annibale o delle Faete (tra 300.000 e 200.000 anni) e la terza fase denominata idromagmatica finale (tra 200.000 e 20.000 anni).

La sequenza dei terreni vulcanici non è continua e le eruzioni si susseguono con intervalli, che durano anche più di 100.000 anni, durante i quali si hanno episodi di sedimentazione di terreni continentali alluvionali a colmamento delle valli interdigitati a depositi alluvionali attuali. Si depositarono così formazioni contenenti vulcaniti rimaneggiate, paleosuoli e sedimenti lacustri tra le quali assume importanza per l’area romana l’Unità di San Paolo.

Alla messa in posto di questi terreni fa seguito un nuovo periodo erosivo a cui segue una fase deposizionale di sedimenti argillosi e sabbiosi, l’Unità Aurelia. Dopo un lungo periodo di stasi, l’attività vulcanica riprende con l’emissione di materiale vulcanico frammisto a brandelli di materiali lapidei delle serie sedimentarie presenti in profondità. Si tratta degli ultimi prodotti degli apparati vulcanici sia dell’area Sabatina che Albana. Un sollevamento generale dell’area precede l’ultimo glaciale che tanta importanza ha rivestito nella geologia romana. È in questo periodo che si mettono in posto colate di fango vulcanico di tipo alluvionale (i lahars) a volte con materiale vulcanico

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 14 di 50

eiettato da coni avventizi. L'ultimo glaciale è il responsabile dell'assetto morfologico del territorio così come noi lo osserviamo attualmente.


Circa 120 mila anni fa ha inizio l'ultimo importante periodo glaciale che ha provocato una discesa progressiva e lenta del livello marino fino a raggiungere un minimo di circa -120 m rispetto al livello attuale, tra 15 e 18 mila anni fa. Successivamente, il livello marino risale rapidamente fino a raggiungere una quota prossima a quella attuale circa 57 mila anni fa. Le ultime modeste variazioni, dell'ordine dei decimetri, sono incerte e ancora oggetto di studio e di dibattito. Questa imponente discesa del livello del mare ha provocato una forte erosione e modellamento del territorio con la formazione di profonde valli in corrispondenza dei principali corsi d'acqua. La successiva risalita ha portato al riempimento delle valli, dei principali corsi d'acqua (Tevere, Aniene, Galeria, Magliana ecc..) precedentemente scavate dai fiumi, con l'accumulo di enormi spessori (fino a 70-80 m) di materiale alluvionale.

Le aree prossime al mare, in tempi recenti, hanno continuato a subire variazioni notevoli in conseguenza dei lavori antropici realizzati in epoca romana, di grandi episodi alluvionali (significativo quello del XVI secolo che tagliò un meandro e allontanò la linea di costa di alcuni km). Attualmente il mare erode la costa a causa sia della distruzione della duna costiera sia per la forte riduzione del trasporto solido da parte del Tevere. I lavori idraulici nell'entroterra (le numerose dighe costruite sul Tevere e sui principali affluenti) trattengono il limo e la sabbia che apportavano materiale al mare. Oltre ai depositi descritti, l'area romana, e soprattutto le zone del centro storico, sono caratterizzate dalla presenza di vistosi accumuli di materiale di riporto antropico, dovute a varie attività, derivanti dal modellamento del territorio legato alla realizzazione di opere ingegneristiche, linee ferroviarie, strade, bonifiche, escavazione di materiale di cava con accumuli di scarti di lavorazione. In alcuni casi, molto circoscritti, lo spessore di tali depositi può superare anche i 20 metri, diventando il materiale prevalente nell'interazione con opere in costruzione, per cui la loro caratterizzazione geotecnica risulta di fondamentale importanza.

4.1.2 Assetto stratigrafico

Per l'analisi stratigrafica dell'area in esame si è utilizzata la descrizione presente sulla Relazione geologica generale del Piano Regolatore Generale (PRG) vigente del Comune di Roma (2008) perché l'area di progetto è al confine con il Comune di Roma ed in particolare con la zona orientale identificata sul PRG.

Dal punto di vista stratigrafico, l'area oggetto di studio ricade dunque in una zona caratterizzata dalla presenza di terreni prevalentemente vulcanici derivanti dall'attività del Distretto Vulcanico Albano. Tali depositi durante l'ultimo ciclo glaciale (ultimi 100.000 anni) sono stati profondamente incisi dai torrenti principali e dall'Aniene; durante il successivo periodo interglaciale, queste incisioni sono state colmate da alluvioni recenti. Al di sopra delle alluvioni possono essere presenti, localmente, terreni di riporto, recenti e antichi, a volte derivanti dal riempimento di depressioni, artificiali o naturali. Al disotto della serie vulcanica è presente un substrato sedimentario antico

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA					
	PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR45	21 R 69	RG	GE 0001 001	B	15 di 50

caratterizzato da terreni sedimentari continentali fluvio-lacustri, costituiti da ghiaie, sabbie, limi e argille (Formazione del Paleotevere) che poggia sui livelli argillosi marini del Plio-Pleistocene. Questi ultimi che non affiorano nella zona in esame, ma sono stati rinvenuti tramite perforazioni su tutta l'area.

Di seguito vengono descritte le unità geologiche presenti nei pressi dell'area di studio e cartografate sul Foglio 374 "Roma" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Funicello et al. 2008)(

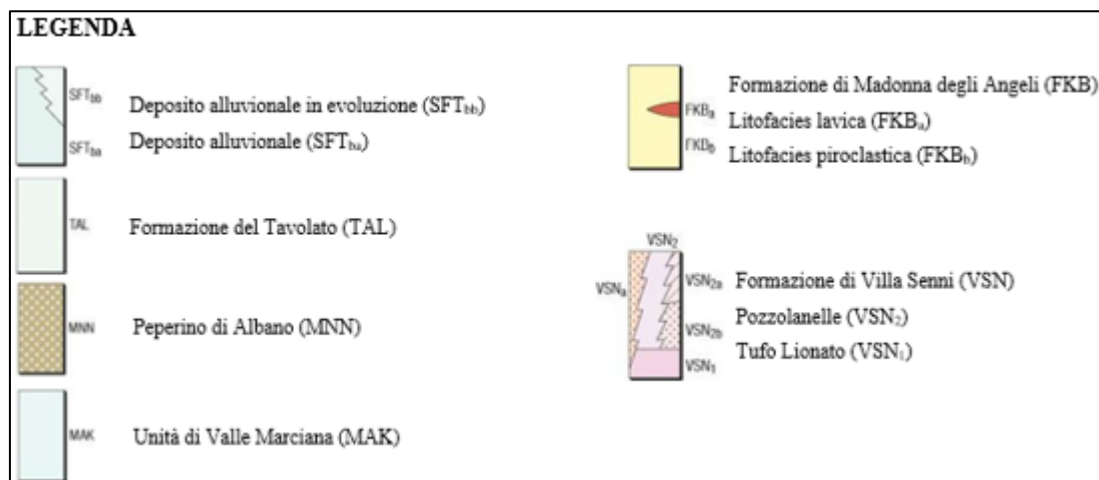


Figura 4-1, nella quale viene evidenziata con rettangolo rosso l'area di progetto). Per la descrizione delle unità si è fatto riferimento a quanto riportato sulle note illustrative del Foglio Roma (Funicello et al., 2008) e vengono di seguito elencate a partire dai termini più recenti ai più antichi:

- *Sintema Fiume Tevere (SFT)*: le unità di tale sintema si instaurano sopra la superficie erosionale dell'ultima glaciazione e segnano dunque il passaggio tra il Pleistocene superiore e l'Olocene. L'unità ospita le alluvioni del Fiume Tevere e del Fiume Aniene e in profondità si trova fino a -40 m s.l.m.
 - *Deposito alluvionale (SFT_b)*: deposito siltosi sabbiosi e argillosi ricchi in materia organica. Si distinguono i depositi alluvionali in evoluzione (SFT_{bb}), presenti all'interno degli argini artificiali dei corsi d'acqua in continua evoluzione dai depositi alluvionali (SFT_{ba}). I primi hanno spessore massimo di 10 m, mentre i secondi di 60 m e di sovente hanno alla base livelli ghiaiosi o sabbiosi.
 - *Formazione del Tavolato (TAL)*: successione di depositi fluviali e di lahar che hanno colmato le paleovalli del reticolo dell'ultima glaciazione. Al tetto della formazione è presente un deposito massivo classato di sabbia vulcanica con pomici grigi e cristalli di flogopiti e clinopirosseni, questo è un deposito da lahar. Sotto è presente un paleosuolo cineritico di spessore inferiore a 1 m laminato e contenente impronte di piante erbacee. I depositi di lahar dell'unità sono riferibili alle esondazioni del Lago di

Albano probabilmente causate dal degassamento Olocenico e dal conseguente innalzamento del livello dell'acqua. Spessore massimo 15 m. Pleistocene superiore p.p. - Olocene.

- *Peperino di Albano (MNN)*: deposito piroclastico a matrice cineritica con cristalli di leucite, clinopirosseno e biotite. L'unità è litotide per zeolitizzazione e sono presenti clasti da millimetrici a decimetrici di lave, tufi, calcari e sedimenti terrigeni. Sono presenti livelli di breccia prossimali con clasti di grandi dimensioni (fino ad 1m di diametro). Spessore massimo 35 m. Pleistocene superiore.
- *Unità di Valle Marciano (MAK)*: deposito piroclastico stratificato in livelli cineritici e lapillosi a laminazione incrociata di 5-20 cm di spessore. I depositi sono costituiti da frammenti di vetro vulcanico, cristalli di leucite e pirosseno e litici lavici, tufacei e sedimentari. Nella zona distale, quindi spostandosi verso nord è presente un livello arenaceo-conglomeratico ad elementi magmatici in facies fluviale. L'unità è riferibile all'eruzione freatomagmatica del Maar di Valle Marciana e dei depositi di lahar ad essa associati. Spessore massimo 10 m. Pleistocene superiore p.p.
- *Sintema Quartaccio*: il sintema si instaura sopra una superficie di discontinuità continua e con morfologia determinata dalla paleogeografia. Lontano dalle paleovalli e nelle zone di interfluvio il sintema è suborizzontale e si instaura su una superficie planare.
 - *Formazione di Madonna degli Angeli (FKB)*: deposito dell'attività esplosiva del vulcano di Faete e degli apparati pericalderitici del litosoma Tusco-Artemisio. La formazione comprende le porzioni distali delle colate laviche (FKB_a) di spessore massimo di 30 m subordinate a livelli di piroclastiti (FKB_b). Le colate laviche hanno grana da microcristallina a porfirica e contengono cristalli di leucite, olivina e clinopirosseno. La litofacies piroclastica è costituita da depositi di ceneri e scorie in livelli tabulari. Spessore massimo 35 m. Pleistocene medio p.p.
 - *Formazione di Villa Senni (VSN)*: formazione costituita da due differenti unità ignimbriche, che differiscono per litofacies. Il termine inferiore è noto come Tufo Lionato o Tufo Litoide, mentre il membro superiore ha diversi nomi a seconda della facies; la litofacies presente nell'area in esame ha il nome di Pozzolanelle. La formazione costituisce l'ultima grande eruzione ignimbrica del vulcano di Albano ed è databile tra i 338.000 ed i 350.000 anni fa.
 - *Pozzolanelle (VSN₂)*: deposito piroclastico massivo e caotico di colore da marrone a marrone arancio con intercalazioni violacee e nerastre. L'unità è costituita prevalentemente da cineriti scoriacee grossolane con all'interno scorie porfiriche a leucite, litici lavici ed olocristallini. è presente un ingente quantitativo di cristalli con prevalenza di biotite e pirosseno. L'unità non poggia sempre sul

sottostante Tufo lionato ed in questi casi sul paleosuolo sottostante si osserva un *ground layer* arricchito in cristalli e litici. Il membro appena descritto presenta due facies caratteristiche nella facies prossimale: la Litofacies ad Occhio di Pesce (*VSN_{2a}*), che ha il 30% in volume di cristalli di leucite e la Breccia di Colle Fumone (*VSN_{2b}*), priva della frazione fine ed avente blocchi lavici ed olocristallini. Spessore massimo 30 m. Pleistocene medio p.p.

- *Tufo Lionato (VSN₁)*: deposito piroclastico massivo litoide a matrice cineritico-sabbiosa con abbondanti pomici gialle, scorie grigie e litici lavici. Nelle porzioni distali sono spesso presenti laminazioni, gas-pipes e impronte di tronchi. Spessore massimo 25 m. Pleistocene medio p.p.
- *Sintema Torrino*: la superficie di base di tale sintema ha morfologia ad alto rilievo e lungo gli interfluvi ha forma planare e presenza di paleosuoli molto estesi. Le quote più basse a cui si trova sono a circa 0 m s.l.m.
 - *Lave di Fosso Tre Rami (RMN)*: Lave compatte grigie e nere non affioranti nei pressi dei Colli Albani. Hanno spessore di qualche metro. Pleistocene medio p.p.
 - *Pozzolane Rosse (RED)*: piroclastiti massive e caotiche semicoerenti di colore da rosso a viola con geometria tabulare. Spessore massimo 35 m. Pleistocene medio p.p.

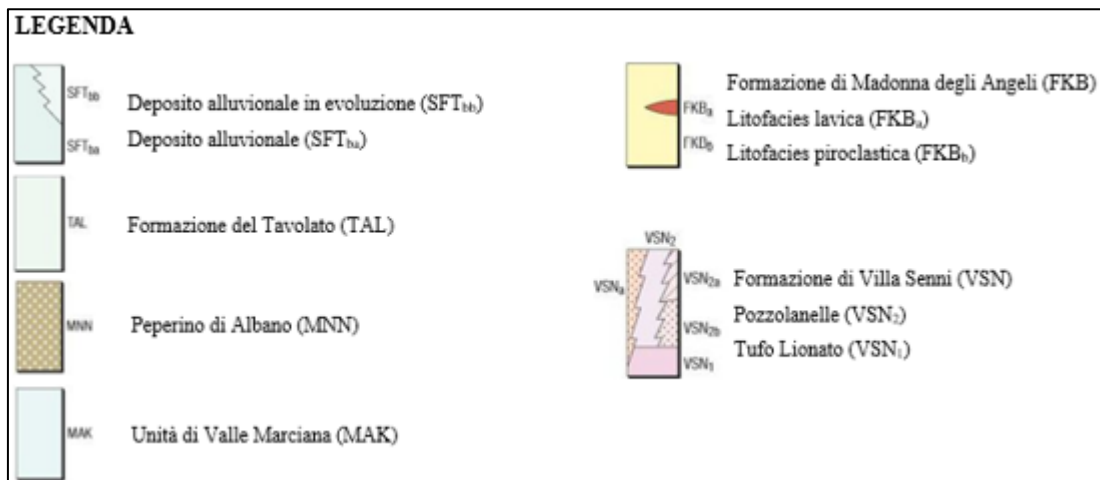



Figura 4-1 - Stralcio non in scala del Foglio Roma della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Funicello et al.; 2008). In rosso è evidenziata l'area di progetto.

4.1.3 Inquadramento geologico

In Figura 4-1 e Figura 4-2 vengono riportati due stralci delle carte geologiche pubblicate, rispettivamente, dall'ISPRA nell'ambito del progetto CARG (Funicello et al.; 2008) e da Aeroporti di Roma S.p.A. nell'ambito dello Studio di

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 19 di 50

impatto ambientale per l'aeroporto G.B Pastine di Ciampino (Canuti et al.; 2015), sui quali viene riportata l'ubicazione dell'area di studio. La carta pubblicata nell'ambito del progetto CARG (Foglio 374 "Roma") in Figura 4-1 evidenzia come l'area di progetto ricada interamente sui depositi fluviali e di lahar della Formazione di Tavolato; poche decine di metri a nord-est rispetto all'area in esame affiorano i depositi piroclastici del Membro Pozzolanelle della Formazione di Villa Senni (VSN₂).

Anche la carta geologica redatta da Aeroporti di Roma S.p.A (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) evidenzia come l'area oggetto di studio si trovi sui depositi pleistocenici dell'Unità del Tavolato in prossimità del contatto con la Formazione Villa Senni in facies Pozzolanelle.

Nell'Elaborato NR4521R69NZGE0001001A viene infine riportato uno stralcio della cartografia geologica di dettaglio, in scala 1:5.000, redatto per il presente studio, sul quale viene riportata l'ubicazione delle indagini realizzate a supporto del presente lavoro.

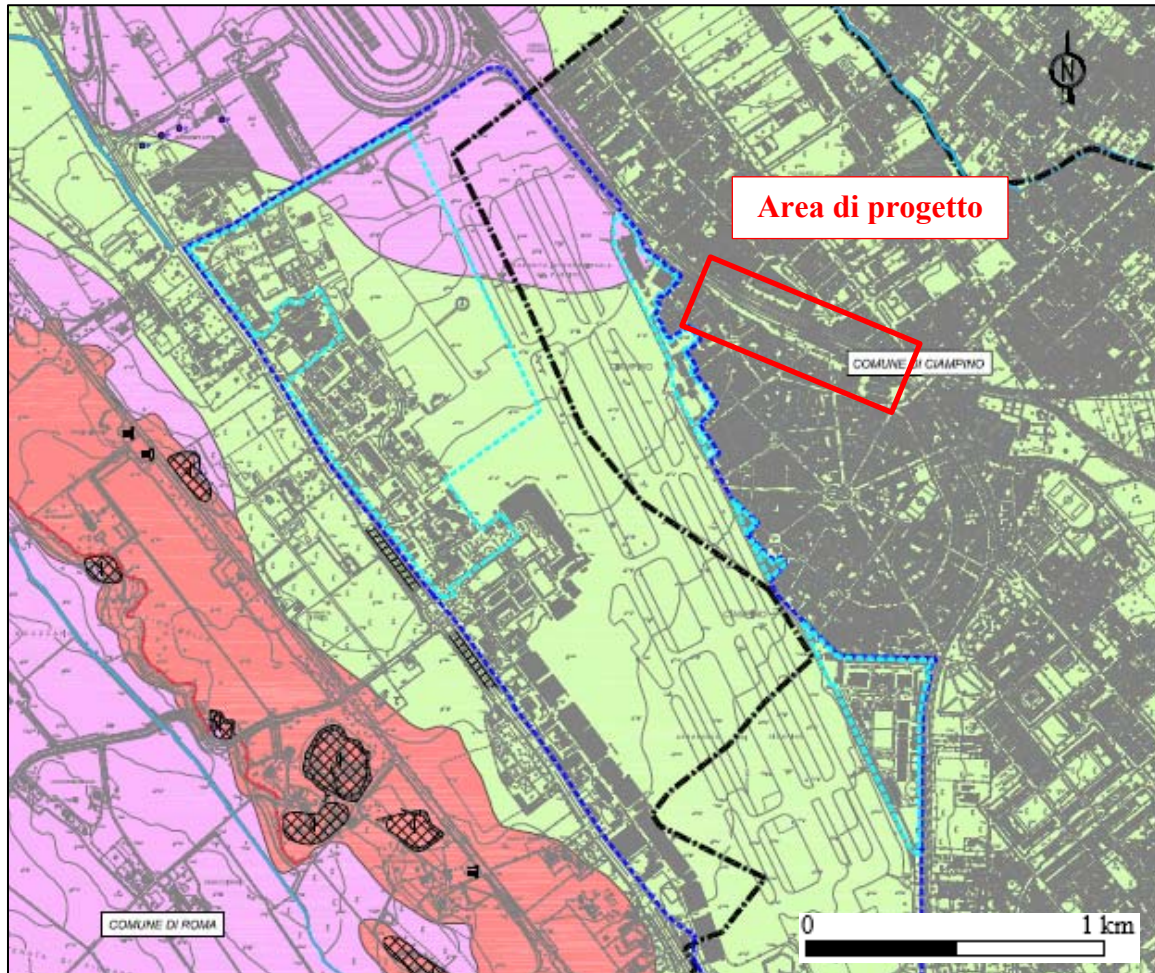


Figura 4-2 Carta geologica realizzata in scala 1:5.000 (Canuti et al.; 2015) e redatta da Aeroporti di Roma per l'aeroporto di G.B Pastine di Ciampino. In rosso è evidenziata l'area di progetto alla quale si riferisce il presente elaborato.

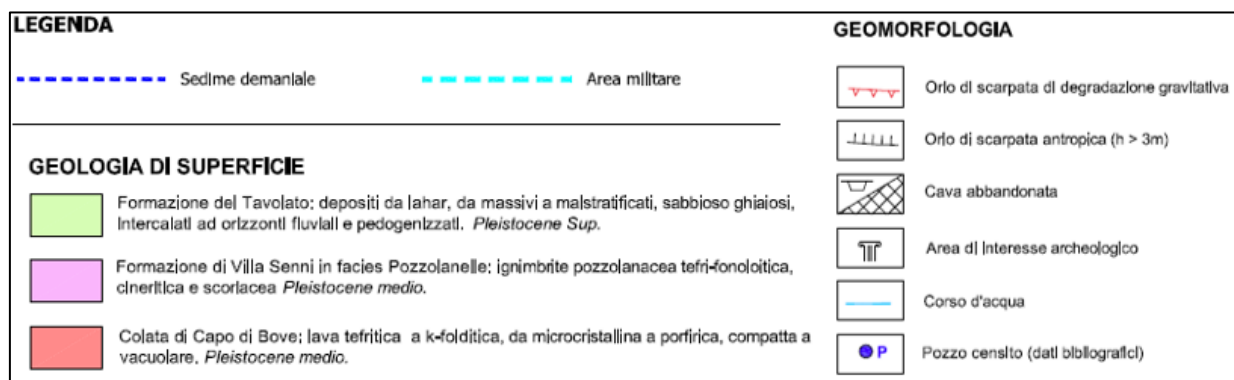


Figura 4-3 Legenda della Carta geologica realizzata in scala 1:5.000 (Canuti et al.; 2015) e redatta da Aeroporti di Roma per l'aeroporto di G.B Pastine di Ciampino. Inquadramento geomorfologico

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 21 di 50

4.1.4 Geomorfologia dell'area

L'evoluzione geologica del territorio dell'area metropolitana romana ha portato alla formazione di un paesaggio articolato in varie morfologie, prodotte dalla combinazione degli effetti delle attività geodinamiche (o endogene alla crosta terrestre) e di quelle esogene. Le forze endogene si sono esplicitate attraverso:

- la formazione di faglie tettoniche e deformazioni a carattere distensivo della crosta terrestre con sollevamenti e abbassamenti differenziali che, dal Pliocene al Pleistocene medio, interessarono il margine tirrenico;
- l'attività eruttive dei complessi vulcanici dei Monti Sabatini e dei Colli Albani che dal Pleistocene medio (circa 600.000 anni fa) al deterioramento climatico dell'ultima fase glaciale di 20.000 anni fa, trasformarono ripetutamente il territorio con imponenti deposizioni di sedimenti prevalentemente piroclastici.


Con l'esaurirsi delle attività vulcaniche costruttive di accumulo, le forze esogene prevalsero con la loro azione sul modellamento dei rilievi del territorio mediante:

- la forza della gravità;
- le attività climatiche (acqua, vento, crioclastismo e termoclastismo);
- i processi fluviali, lacustri e marini di erosione, trasporto e deposizione dei sedimenti.

I loro effetti, che hanno dato luogo alla morfologia attuale del paesaggio, si sono diversificati in funzione dei fattori tettonici e litologici, della granulometria, della coesione ed intensità di fratturazione dei depositi vulcanici e sedimentari che costituiscono il territorio romano. La struttura paesaggistica del sistema naturale del territorio romano (Succhiarelli C., 2003) può essere ricondotta a sei ambiti geomorfologici principali:

- piana deltizia del Fiume Tevere;
- terrazzi dell'antica costa tirrenica;
- valli fluviali;
- altopiani di tipo piroclastico e clastico;
- rilievi collinari di alto strutturale.

Per ambito geomorfologico si intende lo spazio di territorio dove le componenti fisiche presentano caratteri di omogeneità nelle forme e nell'ambiente di formazione. Nella caratterizzazione geomorfologica del territorio romano, gli ambiti morfologici sono costituiti da unità di paesaggio geologico (Arnoldus-Huyzendveld, Corazza, De Rita e Zarlenga, 1997), prevalentemente riconducibili e connesse, nella loro origine, con le attività vulcaniche (dei Colli Albani e dei Monti Sabatini) e con i processi fluviali e marini.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 22 di 50

L'area in esame si trova nel fondovalle ai piedi dell'edificio vulcanico dei Colli Albani e dunque degli altopiani di tipo piroclastico e clastico ed è dunque ubicata dunque nell'ambito delle valli fluviali ed in particolare nell'unità di fondovalle e pianure alluvionali con la presenza delle morfologie minori dei canali di divagazione abbandonati.

Le piane alluvionali sono costituite da depositi ghiaiosi, limosi e sabbiosi depositati dai corsi d'acqua e terrazzati dalla stessa azione fluviale durante cicli di deposizione ed erosione controllati dalla tettonica e soprattutto dalle variazioni del livello del mare, che hanno originato diversi ordini di terrazzi lungo i corsi d'acqua principali: Fiume Tevere e Fiume Aniene.

La morfologia della piana in cui si trova l'abitato di Ciampino è influenzata dalla presenza di depositi alluvionali olocenici che hanno riempito il reticolo idrografico dell'ultimo periodo glaciale, l'unità alluvionale è la Formazione del Tavolato, la cui continuità è interrotta solamente in prossimità della città di Roma nei Fossi dello Statuario, della Marrana dell'Acqua Marina, di Torrespaccata, di Santa Maura e del Giardino dell'Incastro.

A sud-ovest dell'area di progetto è presente un corso d'acqua secondario (Fosso di Fiorano) che ha originato dei terrazzi di cui sono riportate le scarpate sulla carta geologica per lo studio di impatto ambientale in Figura 4-3. Nei pressi dei terrazzi fluviali appena descritti sulla stessa carta geologica si osserva la presenza di cave dismesse e relativi orli di scarpata.

Per quanto concerne i rischi di natura geomorfologica interferenti con l'area di progetto si rimanda al capitolo 5 dedicato.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 23 di 50

4.2 INQUADRAMENTO IDROLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area romana è caratterizzata dalla presenza di differenti unità idrogeologiche a causa dei diversi ambiti geologici da cui è costituita:

- Unità dei monti Sabatini
- Unità dei Colli Albani
- Unità del Ponte Galeria
- Unità delle piane alluvionali
- Unità del delta de Fiume Tevere

Il Comune di Ciampino, e dunque la zona di interesse del presente studio, ricade interamente nell'unità idrogeologica dei Colli Albani, classificata all'interno delle unità vulcaniche nella Carta delle unità idrogeologiche della Regione Lazio in scala 1: 250.000 (Capelli et al.; 2012a). Nel presente capitolo sarà quindi descritta tale unità analizzando i complessi idrogeologici che ne fanno parte.

Per quanto riguarda i complessi idrogeologici che affiorano nell'area di studio, con riferimento alla Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio in scala 1: 100.000 (Capelli et al.; 2012b), si osservano litotipi vulcanici a potenzialità acquifera variabile da bassa a medio-alta a seconda della permeabilità media e dell'infiltrazione efficace dei litotipi. I complessi vengono ora descritti in ordine cronostratigrafico dal più recente al più antico, prestando particolare attenzione al loro potenziale acquifero:

- *Complesso dei depositi alluvionali recenti (1)*: depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi ed argillosi recenti (Olocene). Contengono acquiferi locali in prossimità dei principali corsi d'acqua. Potenzialità acquifera da bassa a medio alta.
- *Complesso delle lave, laccoliti e con di scorie (7)*: scorie saldate, lave e laccoliti (Pleistocene). Sono presenti falde ad importanza locale con estensione limitata. Potenzialità acquifera medio-alta.
- *Complesso delle pozzolane (8)*: depositi ignimbrici e tufacei da colata piroclastica (Pleistocene). È il complesso che alimenta la falda dei grandi acquiferi regionali basali. Potenzialità acquifera media.
- *Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomagmatiche (9)*: tufi stratificati, breccie piroclastiche, pomici, lapilli e blocchi lavici (Pleistocene). Può sostenere locali falde superficiali ed impedire la circolazione idrica. Potenzialità acquifera bassa.

Come si può osservare in Figura 4-44 l'area di progetto si trova sui depositi del Complesso delle pozzolane con potenzialità acquifera media.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 24 di 50

I complessi acquiferi presenti nell'area romana sono limitati inferiormente dalle argille pre-vulcaniche, che fungono da *aquiclude* e hanno una morfologia molto articolata a causa del basso stazionamento del livello del mare durante le ere glaciali.

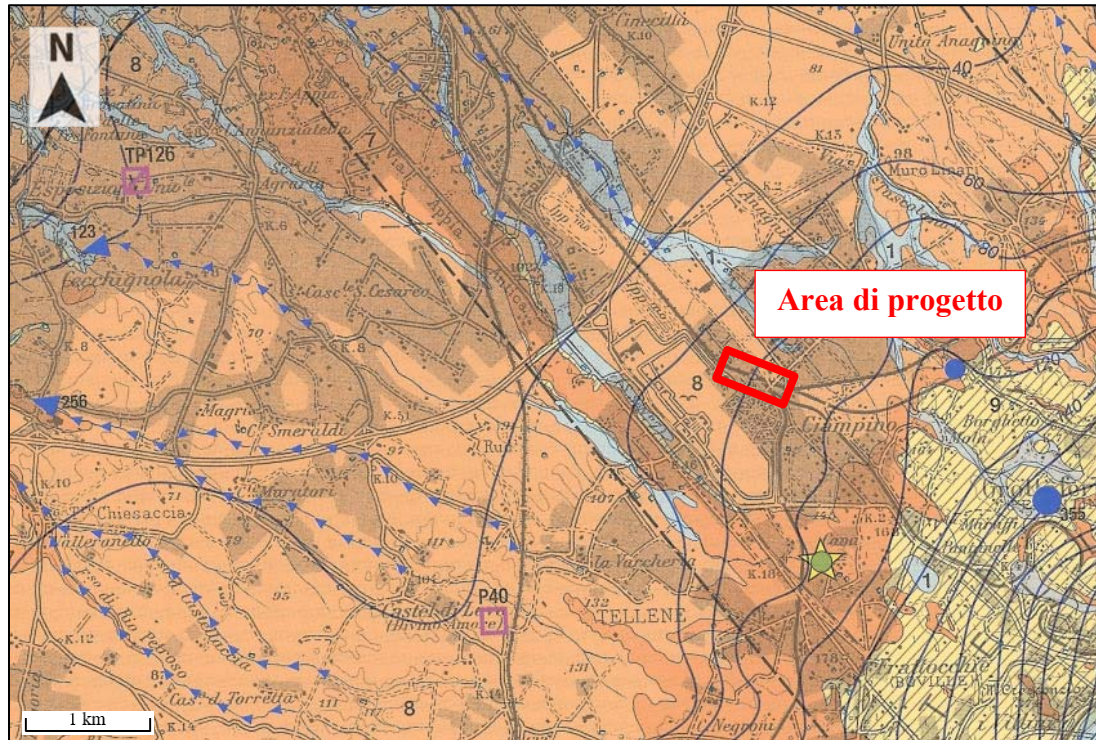
Il potenziale acquifero dell'unità dei Colli Albani, su cui si trova l'area in esame, è maggiore a quello delle altre unità idrogeologiche poiché le argille del substrato argilloso pre-vulcanico si trovano a profondità elevate e i depositi piroclastici e le colate laviche a permeabilità medio-alta hanno notevoli spessori. In essi sono contenute importanti circolazioni idriche alimentate in gran parte dalle acque meteoriche che cadono sui rilievi dei Colli Albani. Gli acquiferi presenti in tale unità sono importanti poiché alimentano costantemente alcuni fossi presenti nell'area romana. Queste circolazioni idriche sotterranee ricevono anche apporti laterali provenienti da altri bacini idrogeologici, in particolare dai Monti Tiburtini e dalla porzione nord dei Lepini che, prima delle grandi eruzioni che hanno colmato la stretta di Artena, comunicava con la piana romana tramite un antico corso d'acqua, il Paleosacco, affluente del Paleotevere. I dati analitici delle acque sotterranee mostrano che le acque provenienti direttamente dai rilievi vulcanici sono molto più dolci di quelle ipoteticamente connesse anche all'alimentazione dai rilievi appenninici, che mostrano livelli di durezza elevati. Sembrerebbe evincersi che, mentre la comunicazione idrografica è interrotta, quella idrogeologica profonda sia, almeno in parte, ancora attiva.

La ricostruzione della superficie piezometrica delle circolazioni idriche provenienti dai Colli Albani indica che questa segue un andamento semicircolare con progressivo abbassamento di quota man mano che ci si avvicina agli assi drenanti rappresentati, per la porzione nord, dall'Aniene, dove si ha la presenza della grande emergenza sorgentizia che da due millenni alimenta l'acquedotto Vergine, mentre a ovest il drenaggio è controllato dai torrenti affluenti del Tevere che drenano una parte del flusso e lasciano emergere numerose sorgenti anche di discreta importanza.

Analizzando la Carta Idrogeologica del Comune di Roma (Succhiarelli et al.; 2008) si osserva che ai depositi piroclastici presenti nell'area è attribuita una permeabilità da media (cineriti) a medio-alta (depositi lapillosi e scoriacei prevalentemente incoerenti) ad alta per fratturazione (depositi ignimbrici litoidi).


Valori numerici di permeabilità sono stati ottenuti da prove Lefranc in situ a differenti profondità e per l'area in esame hanno restituito valori da 1.94×10^{-6} a 4.41×10^{-5} .

Come è possibile osservare sullo stralcio della Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio in scala 1:100.000 (Capelli et al.; 2012b), in Figura 4-4, la falda si trova all'interno dei depositi vulcanici a quote comprese, nell'areale di progetto, tra +70 e +90 m s.l.m.; questo risulta in linea con i valori di soggiacenza misurati in due dei cinque sondaggi realizzati per il presente progetto (S10 e S13). Tali sondaggi hanno infatti individuato la falda rispettivamente a 20-e 30 da p.c., corrispondenti a quote di 70-80 m s.l.m..



Legenda			
1	Complesso dei depositi alluvionali recenti	7	Complesso delle laccoliti, lave e coni di scorie
2	Complesso dei depositi detritici	8	Complesso delle pozzolane
6	Complesso dei depositi fluvio-lacustri e palustri	9	Complesso dei tufi stratificati e delle facies freatomazmatiche

Figura 4-4 Carta Idrogeologica del territorio della Regione Lazio (Capelli et al., 2012b), è evidenziata in rosso l'area di progetto presso la stazione ferroviaria di Ciampino.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA					
	PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR45	21 R 69	RG	GE 0001 001	B	26 di 50

5 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO

Per quanto concerne i rischi di natura idraulica è stata analizzata la cartografia tematica resa disponibile dal Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico del Fiume Tevere (sul sito web <http://www.abtevere.it/node/1010>). Presa visione di tutta la cartografia, la tratta oggetto di intervento non ricade in nessuna zona soggetta a rischio idraulico. In Figura 5-1 viene riportato uno stralcio della carta del rischio idraulico del Fiume Tevere, in cui viene evidenziate l'area oggetto di studio (rettangolo rosso).

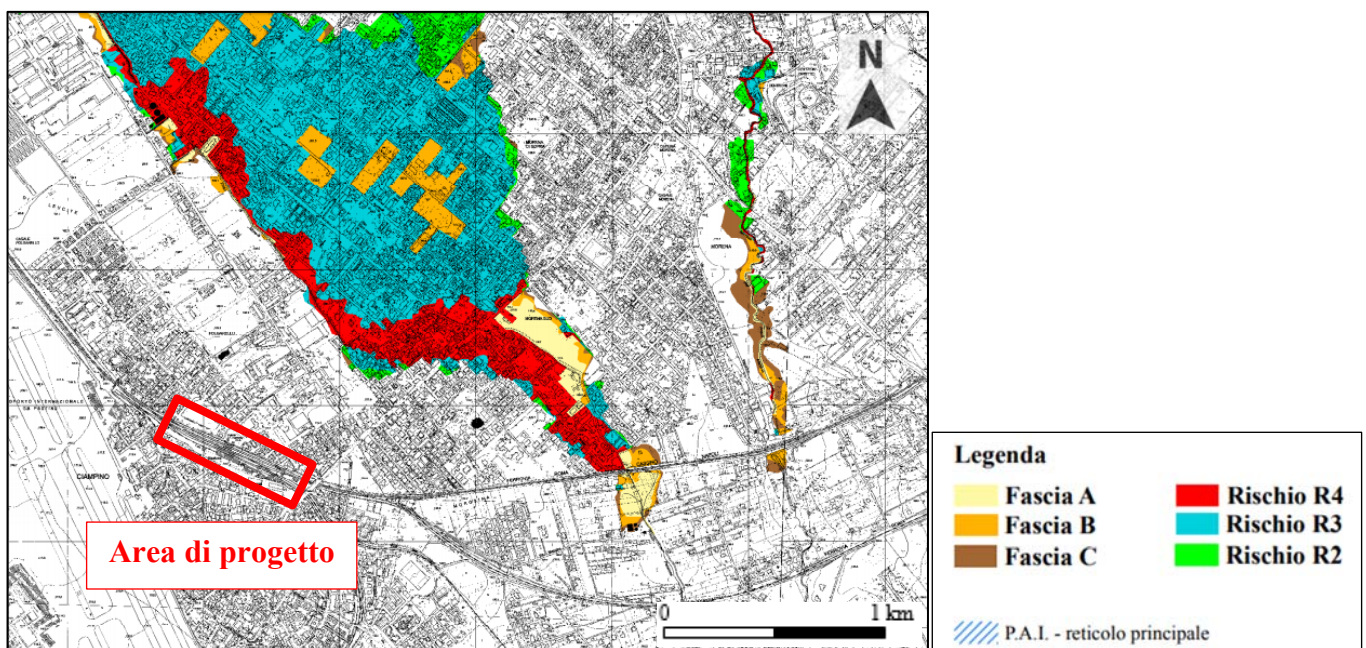


Figura 5-1 Stralcio, non in scala, della carta del rischio idrogeologico proposta dal PAI del Fiume Tevere (scala originale 1: 10.000; 2012). Il riquadro rosso corrisponde all'area oggetto di studio.

Per quanto concerne invece i rischi di carattere geologico-geomorfologico, l'area potrebbe essere interessata da "Forme e processi gravitativi". Infatti, per la sua conformazione morfologica e per l'intensa attività antropica sul territorio, l'area intorno a Roma potrebbe essere interessata da movimenti franosi lungo scarpate e/o pendii acclivi. Le ridotte pendenze della piana alluvionale e l'assenza di cave in prossimità dell'area di progetto, come si osserva sulla carta geologico-geomorfologica in Figura 4-2) permette di evitare rischi correlati a processi gravitativi, come si osserva anche sullo stralcio della tavola di dettaglio della carta dei fenomeni franosi del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico del Fiume Tevere (disponibile sul sito web <http://www.abtevere.it/node/133?q=node/134>; 2002) in Figura 5-2. L'unico elemento di pericolosità per quanto concerne i fenomeni gravitativi è dato dalla presenza di fenomeni franosi presunti lungo le scarpate delle cave; la ridotta dimensione di queste ultime e la loro distanza dall'area di progetto (circa 2 km) non origina rischi per l'area oggetto di studio del presente elaborato.

Si esclude anche la presenza di possibile rischio crollo di cavità ipogee poiché l'area è distante dall'abitato della città di Roma, dove questi sono presenti.

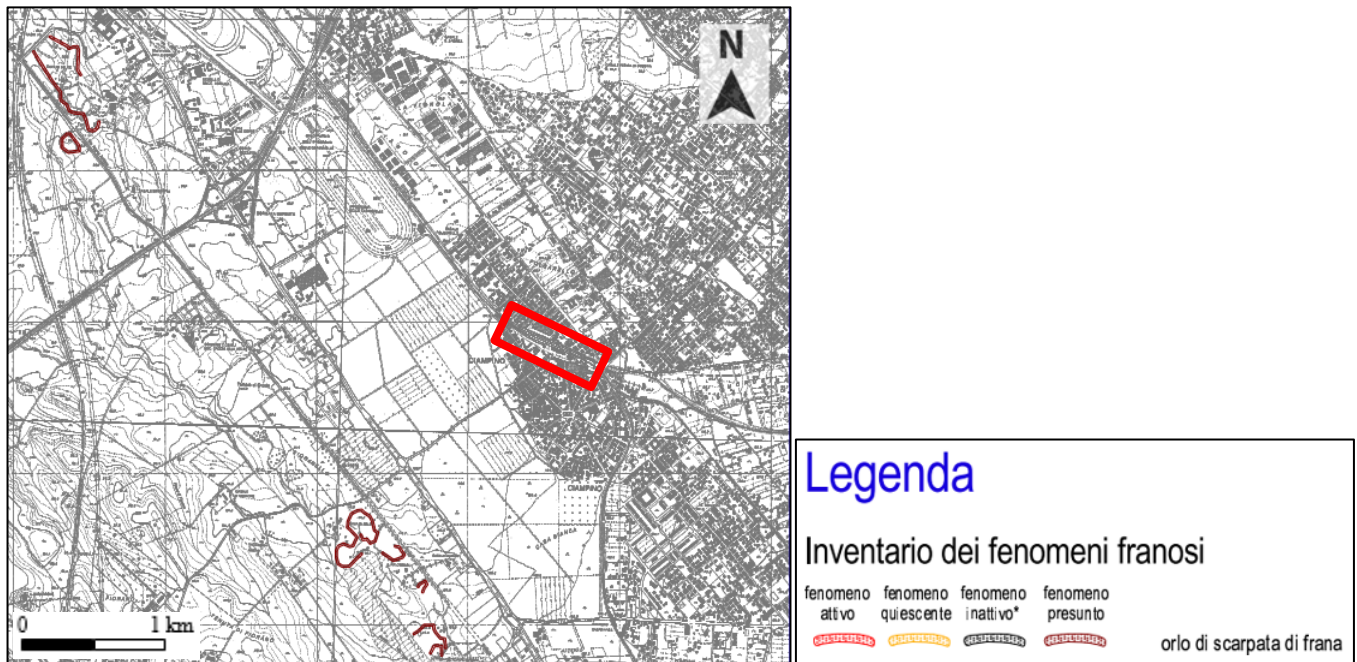


Figura 5-2 Stralcio, non in scala, della carta inventario dei fenomeni franosi proposta dal PAI del Fiume Tevere (scala originale 1: 10.000). Il riquadro rosso corrisponde all'area oggetto di studio.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA					
	PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR45	21 R 69	RG	GE 0001 001	B	28 di 50

6 INDAGINI

6.1 PREMESSA

I dati stratigrafici a supporto del presente studio derivano dalla campagna indagini di febbraio e marzo 2020 realizzata da SONDEDILE s.r.l. su incarico di Italferr S.p.A per il presente progetto.

A sostegno della presente fase progettuale, inoltre, è stata realizzata nel luglio 2016 da Vincenzetto s.r.l. n. 1 prova geofisica di tipo MASW per la caratterizzazione sismica dell'area di progetto ed una prospezione elettromagnetica FDEM finalizzata alla ricerca di masse metalliche sepolte.

La campagna indagini di Italferr eseguita tra il 21 febbraio e il 10 marzo 2020, per la Progettazione Definitiva del quadruplicamento della linea ferroviaria Roma-Albano L. in corrispondenza della stazione ferroviaria di Ciampino, comprende n. 5 sondaggi a carotaggio continuo con esecuzione di prove SPT, prove in foro di tipo Lefranc e installazione di verticali piezometriche.

In Tabella 6-1 è riportata la profondità del sondaggio effettuato, la data di esecuzione, la quota e le coordinate UTM Zone 33 N, mentre in

Tabella 6-2 sono stati riportati i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione del sondaggio. Il valore di conducibilità idraulica determinato attraverso prove di permeabilità di tipo Lefranc è definito in

Tabella 6-3.

Tabella 6-1 Ubicazione del sondaggio S1 (Italferr 2020)

Sondaggi					
Nome	Profondità (m dal p.c.)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33	
				E	N
S10	35	24-26/02/2020	113.21	300187.3	4630973.2
S11	30	27/02/2020- 03/03/2020	113.02	300317.4	4630869.6
S12	30	03-05/03/2020	113.41	300541.4	4630754.3

S13	30	09-10/03/2020	114.84	300764.9	4630644.4
S14	50	21-26/02/2020	120.19	301066.9	4630615.3

Tabella 6-2 Risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione del sondaggio S1

Profondità prova (m da p.c.)	S10 (Nspt)	S11 (Nspt)	S12 (Nspt)	S13 (Nspt)	S14 (Nspt)
3.0	-	24	-	-	-
4.0	20	-	-	-	-
4.6	-	-	26	-	-
6.3	-	-	-	17	-
6.4	-	-	-	-	16
7.0	24	-	-	-	-
9.1	-	-	41	-	-
9.7	-	-	-	38	-
10.6	-	30	-	-	-
12.3	-	-	-	46	-
12.4	-	-	-	-	26
14.0	R	-	R	-	-
15.0	-	44	-	-	-
21.5	-	-	-	-	10

Tabella 6-3 Valori di K (m/s) calcolati tramite prove Lefranc eseguita in foro di sondaggio

SONDAGGIO	PROVA LEFRANC 1		PROVA LEFRANC 2	
	H(m)	K (m/s)	H(m)	K (m/s)
S10	12.00-14.00	2.64E-05	22.00-25.00	1.29E-05
S11	11.00-13.00	2.71E-05	19.40-22.00	1.06E-05
S12	9.55-12.00	1.94E-06	21.00-23.00	1.26E-05
S13	10.20-12.00	1.92E-05	21.00-23.00	4.41E-05
S14	18.70-21.00	2.45E-05	33.00-35.00	1.55E-05

Si riportano di seguito in Tabella 6-4 l'ubicazione e i risultati della prova geofisica di tipo MASW.

Tabella 6-4 Ubicazione della prova geofisica effettuata, MASW 5 (Italferr 2019)

Prove geofisiche					
Prova	Data esecuzione	Coordinate UTM Zone 33 N		VSeq (m/s)	Categoria di Suolo
		E	N		
MASW_Ciampino	Luglio 2016	300187.3	4630973.2	408	C

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 31 di 50

7 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

Le indagini realizzate a supporto del presente progetto, e riportate nel paragrafo precedente, hanno consentito di ricostruire un modello geologico di riferimento per la tratta oggetto di quadruplicamento della linea ferroviaria. È stato quindi elaborato un profilo stratigrafico di riferimento lungo linea, riportato nell'Elaborato NR4521R69SGGE0001001A.

Sono stati utilizzati i dati stratigrafici relativi ai sondaggi S10, S11, S12, S13 e S14 realizzati nel 2020 a supporto della progettazione di un fabbricato e le prove geofisiche realizzate a supporto del presente progetto.

Le stratigrafie di tutti i sondaggi eseguiti mostrano la presenza di ignimbriti, in prevalenza piroclastiti con livelli tufacei nella porzione inferiore dei sondaggi, tra i 25 e i 30 m da p.c.

A partire dal piano campagna sono presenti depositi di riporto sabbioso-ghiaiosi superficiali, che diminuiscono di spessore spostandosi da est (sondaggio S_10), dove hanno spessore di 3.2 m e si trovano sotto a 0.2 m di terreno vegetale, a ovest, dove sono assenti e sono presenti solo 0.2 m di terreno vegetale sopra ai depositi ignimbricitici.


Sotto al livello incoerente superficiale sono presenti depositi piroclastici sabbioso-limosi in prevalenza grigio-nerastri, che aumentano di densità spostandosi in profondità e arrivano fino a circa 10 m da p.c. in quasi tutti i sondaggi, le piroclastiti contengono clasti vulcanici centimetrici; tali depositi sono attribuibili alla Formazione del Tavolato (TAL) descritta al paragrafo 4.1.2. Lo spessore della Formazione del Tavolato osservato nel sondaggio S10 è maggiore rispetto a quello degli altri sondaggi e arriva a 15.5 m di profondità da p.c.

La stratigrafia del sondaggio S12 si discosta nei primi metri di profondità dalle altre in quanto sono presenti due livelli di limo argilloso marrone scuro al tetto ed al letto della formazione, di spessore rispettivamente di 0.5 m e 1.6 m.

Sotto alle piroclastiti della Formazione del Tavolato si trovano piroclastiti sabbiose e ghiaiose debolmente limose di colore marrone chiaro o ocre con clasti vulcanici centimetrici e cristalli di leucite biancastri. Le rocce appena descritte sono attribuibili alle Pozzolanelle dell'Unità di Villa Senni (VSN₂) e sono presenti fino a fondo foro nei sondaggi a NW della sezione (S10, S11 E S12).

Nei sondaggi S13 e S14 sono presenti livelli metrici di tufi litoidi, poco fratturati nel sondaggio S14 e fratturati nel sondaggio S13 intercalati a piroclastiti limose debolmente sabbiose al letto delle piroclastiti del membro delle Pozzolanelle, tali livelli litoidi appartengono al membro del Tufo Lionato (VSN₁) descritto al paragrafo 4.1.2.

Il sondaggio S14 è quello che si spinge a profondità maggiori (fino a 50 m da p.c.), come si osserva in Tabella 6-1, e sotto alle piroclastiti e alle tufiti dell'Unità di Villa Senni (VSN) interessa un livello di vulcaniti poco fratturate e poco alterate tra 40.4 e 48 m da p.c. Tali rocce Vulcaniche grigiastre sono attribuibili alle Lave di Fosso Tre Rami (RMN) e sono deposte sopra alle piroclastiti delle Pozzolane Rosse (RED), che nel sondaggio S14 sono presenti da

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA</p> <p>PRG</p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA NR45</p>	<p>LOTTO 21 R 69</p>	<p>CODIFICA RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 32 di 50</p>

48.0 m fino a fondo foro sotto forma di piroclastiti limose molto alterate di colore variabile da arancione-grigiastro-verdastro-marrone.

7.1 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA

Per quanto concerne le permeabilità dei materiali presenti nell'area di progetto, oltre che ai dati bibliografici già riportati nel paragrafo 4.2, si fa riferimento alle prove di permeabilità eseguite nei sondaggi a supporto del progetto. In ogni sondaggio sono state eseguite due prove Lefranc, che hanno consentito di stabilire i valori di conducibilità idraulica delle piroclastiti della Formazione del Tavolato (TAL), compresi tra $1,94 \times 10^{-6}$ e $2,71 \times 10^{-5}$ m/s e le conducibilità per le piroclastiti del membro delle Pozzolanelle dell'Unità di Villa Senni (VSN₂), che hanno valori tra $1,06 \times 10^{-5}$ e $4,41 \times 10^{-5}$ m/s.

Il valore di conducibilità idraulica dell'ordine di 10^{-6} delle piroclastiti della Formazione del Tavolato (TAL) è dovuto all'esecuzione della prova in parte all'interno del livello limoso riscontrato nel sondaggio S12 e dunque poco indicativa della permeabilità di tale unità.

Per quanto concerne invece la soggiacenza della falda, in due dei cinque sondaggi (S10 e S13) sono stati installati piezometri a tubo aperto, nei quali sono stati misurati valori di 31.05 m (sondaggio S10) e 21.60 m (sondaggio S13). È dunque ragionevole pensare, viste tali profondità, che gli interventi in progetto non andranno ad interferire con la falda presente nell'area, ad ogni modo si ritiene opportuno effettuare misure periodiche di soggiacenza all'interno dei due piezometri sopra citati al fine di valutare l'oscillazione della falda durante l'anno idrogeologico.

8 INQUADRAMENTO SISMICO

8.1 PREMessa

Nel seguito si fornisce un inquadramento dell'area di progetto dal punto di vista della sismicità locale (Figura 8-1), a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e degli effetti macrosismici registrati al sito nel corso di terremoti storici. Successivamente, verrà definita l'azione sismica di progetto facendo diretto riferimento alle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni¹ (nel seguito NTC2018), in funzione delle probabilità di superamento P_{VR} dell'azione sismica nel periodo di riferimento, definite sulla base della vita nominale delle opere, della loro classe d'uso e dei diversi Stati Limite considerati. Con riferimento alle indicazioni normative, la definizione dell'accelerazione di progetto verrà fornita in funzione delle coordinate geografiche delle opere.

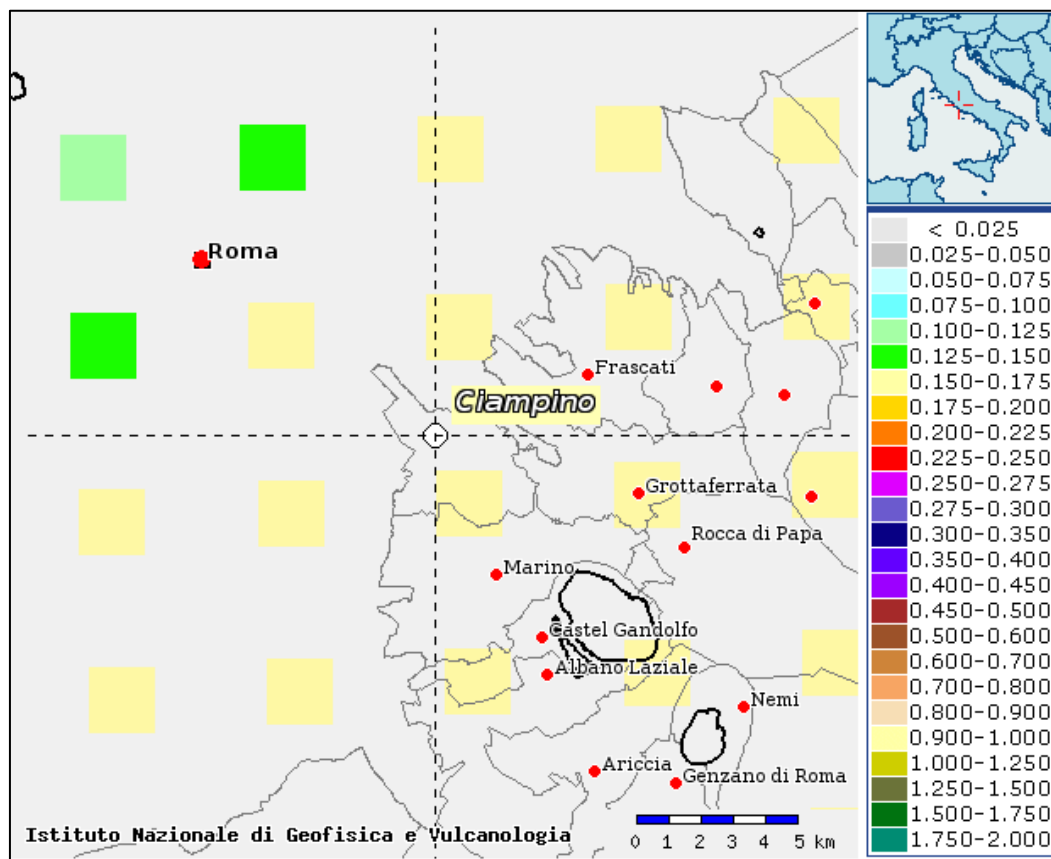


Figura 8-1 – Valori di pericolosità sismica nell'intorno dell'area di progetto da elaborazioni DPC-INGV S1

(<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

¹ Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018 – Supplemento Ordinario n. 8.

Ai sensi delle NTC2018, l'azione sismica deve essere innanzitutto determinata in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1), facendo riferimento alle tabelle in allegato alla edizione 2008 delle NTC; tali tabelle (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo ed i parametri spettrali in corrispondenza di una griglia di punti con apertura 5x5 km distribuiti sul territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area del progetto in Figura 8-1).

Per la localizzazione dell'area di progetto, può essere fatto riferimento alla Figura 8-2 dove vengono altresì indicati i punti sede di indagini geofisiche e geotecniche.




Figura 8-2 – Localizzazione delle opere in progetto e dei sondaggi/prove eseguiti.

8.1 AREE SIMOGENETICHE DI INTERESSE

La struttura dell'Appennino Centrale è dominata dalla sovrapposizione di varie unità tettoniche, deformate e scollate, parzialmente o totalmente, dal proprio basamento. L'impilamento e la traslazione delle scaglie tettoniche, provenienti dalla deformazione di domini paleogeografici molto diversi, è avvenuto attraverso un lungo processo cominciato nell'Oligocene.

In termini strettamente sismologici, la Figura 8-3 illustra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida et al., 2016). Gli epicentri sono sovrapposti alle sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 35 di 50


del territorio italiano di cui alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). Sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e sistemi di faglie composite (CSS) tratti dal progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Si osserva come la definizione delle zone sismogenetiche ZS9 corrisponda sia alla distribuzione delle faglie sul territorio nazionale, sia alla distribuzione degli epicentri dei terremoti e delle magnitudo. Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura geologica, sia dettate dalla sismicità storica.

La fascia a maggior rilascio di energia dell'Appennino centrosettentrionale corrisponde al settore più interno della catena appenninica generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche. Nel modello sismo-tettonico ZS9, questa lunga fascia è stata suddivisa in tre zone (ZS915, ZS919 e ZS923) ad includere le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo che hanno caratterizzato l'arco appenninico settentrionale e centrale. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante i tradizionali approcci geomorfologici. Nella zona, di maggiore interesse, più meridionale (ZS923, a sud della Valnerina) sono presenti le sorgenti più estese ed i terremoti con magnitudo più elevata; in questa zona sono state comprese anche le aree dei terremoti del 1654 e del 1349, per i quali le indagini geologiche di superficie non sono ancora state in grado di definire sorgenti sismogenetiche.

Nella fascia tirrenica, vengono definite le ZS921 e ZS922 (dove è localizzata il sito del progetto), le quali coincidono sostanzialmente con i distretti vulcanici del Lazio settentrionale e dei Colli Albani. Tale settore è caratterizzato da una sismicità diffusa con moderato rilascio di energia, a includere pochi eventi di magnitudo più elevata. Per la ZS922, si conferma la tendenza ad una limitata estensione areale dei danni più significativi probabilmente legata ad una bassa profondità ipocentrale e conseguentemente una distribuzione dei risentimenti a livello provinciale. La ZS921 è caratterizzata da eventi con magnitudo tra 5.0 e 5.5 con eccezione del terremoto di Bagnoregio del 1695 al quale viene assegnato una magnitudo prossima a 6.0. Vicino al sito di interesse, va anche evidenziata la zona ZS920 che viene descritta come coincidente con il settore tirrenico a tettonica distensiva, caratterizzato da una sismicità a bassa energia con sporadici eventi a magnitudo relativamente elevata.

Procedendo verso sud, nell'Appennino meridionale, troviamo la ZS927 ad includere l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione che ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990) a partire da ca. 0.7 Ma. Dalle analisi paleosismologiche emerge per la ZS927 un potenziale sismogenetico confrontabile con quello dell'Irpinia e della Val d'Agri (Michetti et al., 1997; Cinti et al., 1997).

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 di Figura 8-4) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all'interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS). La faglia più vicina al sito è la ITC086 (Castelli Romani), dove è stato localizzato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^a FASE LATO ROMA PRG					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

l'epicentro del terremoto di Colli Albani del 1806 (M_w 5.6), correlabile alla sorgente individuale ITIS059. Più lontano dal sito, è localizzata la faglia ITCS025 (Salto Lake-Ovindoli-Barrea) per la quale il catalogo storico riporta diversi eventi tra i quali il terremoto del 1349 Aquilano (M_w 6.5) ed il distruttivo evento del 1915 a Avezzano (M_w 7.0).

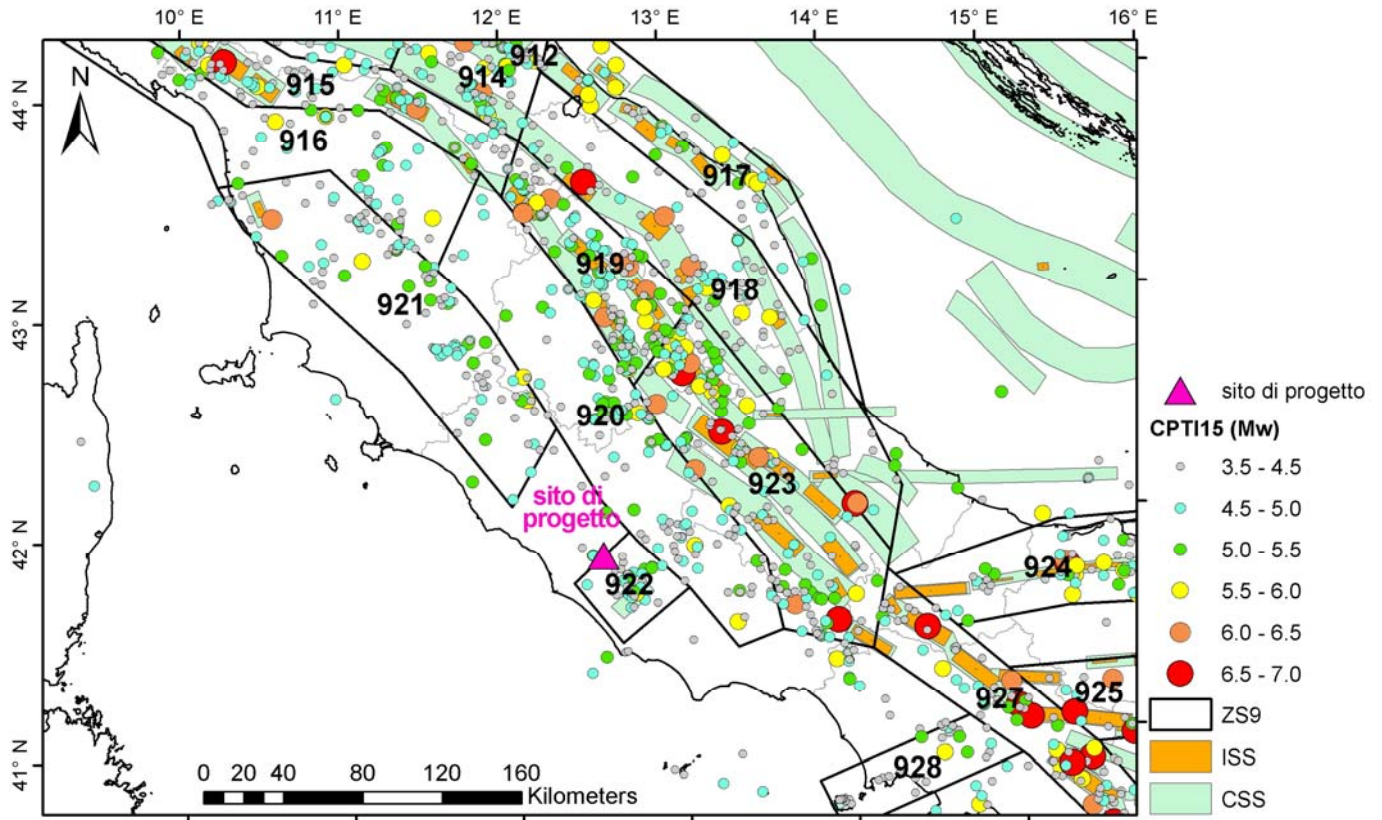


Figura 8-3 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno del sito di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchietti colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15). I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composite.

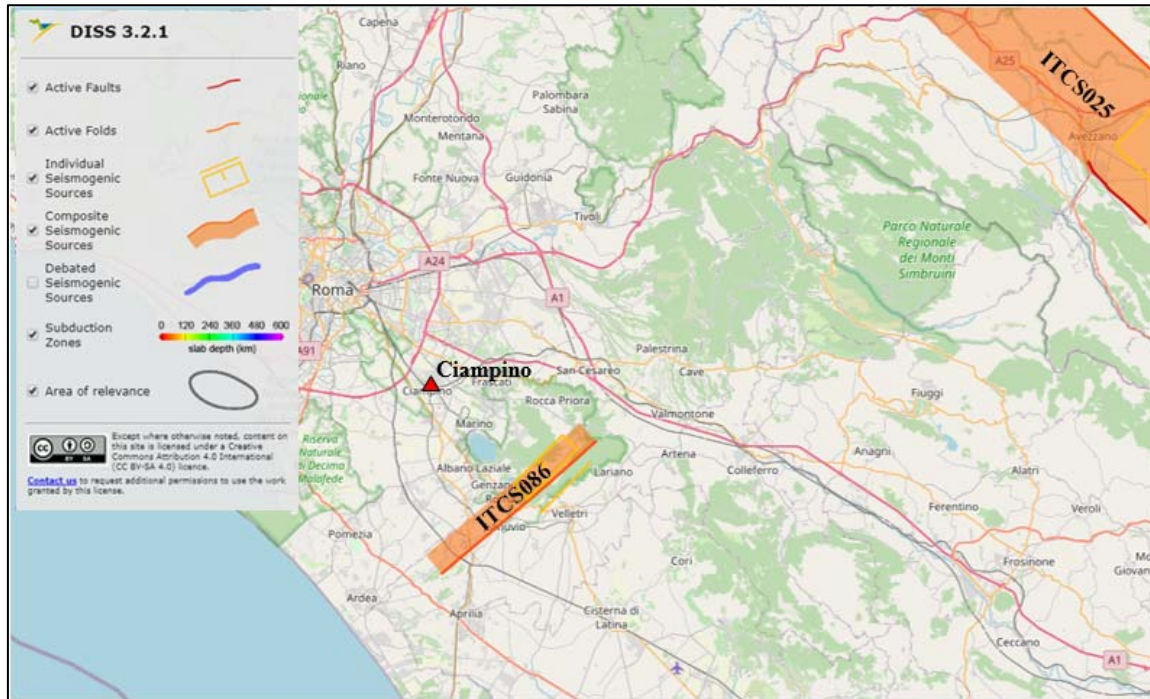


Figura 8-4. Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.2) rilevanti per l’area in oggetto (triangolo rosso).

Per avere un quadro completo dei livelli di sismicità dell’area di interesse, un utile riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche osservate a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014. In particolare, la Figura 8-5 mostra la storia sismica associata al Comune di Ciampino in termini di intensità macrosismica. Si nota come la frequenza di eventi sismici in grado di produrre risentimenti al sito sia significativa; le intensità sismiche massime avvertite sono dell’ordine di 7. L’evento più importante in termini di intensità percepita nell’area del Comune di Ciampino è costituito dal terremoto del 1806 dei Colli Albani. Tra gli altri eventi storici più significativi ($I \geq 6$) si ricordano:

- 1899 Colli Albani, $M_w = 5.10$
- 1911 Colli Albani, $M_w = 4.74$

Da quanto sopra si evince come sia associabile al sito di progetto una sismicità elevata.

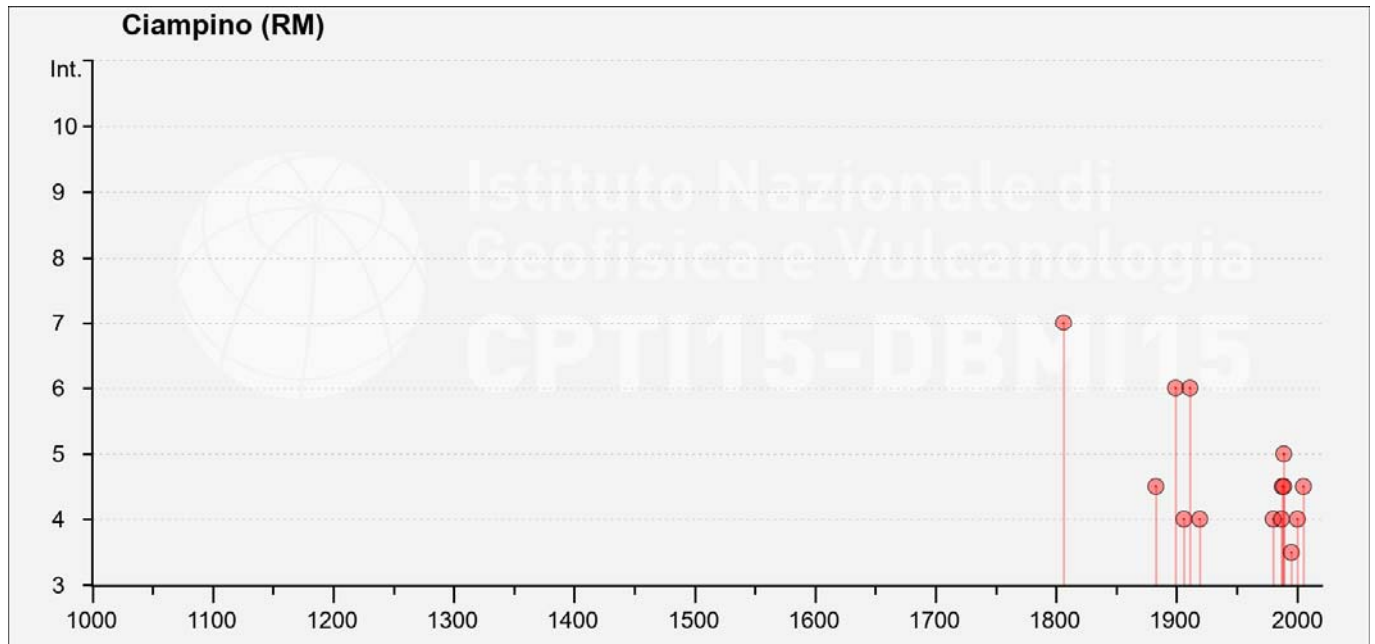



Figura 8-5 – Storia sismica del comune di Ciampino (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

8.2 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

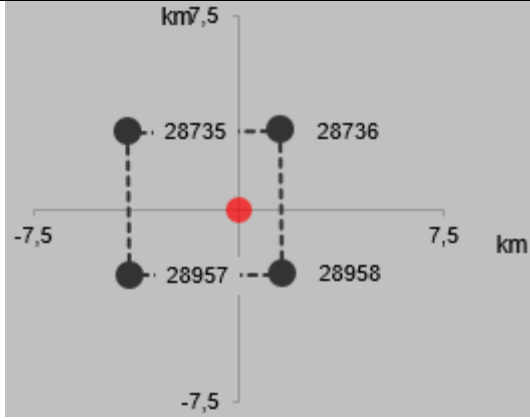
La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalle NTC 2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta esprimibile in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale. La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo temporale di riferimento, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA					
	PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR45	21 R 69	RG	GE 0001 001	B	39 di 50

In allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008, i valori dei suddetti parametri sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento che copre il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. In Tabella 8-1, si riporta l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009) per il sito di interesse.

Tabella 8-1 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno del sito di interesse. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

ID Punto	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
Stazione di Ciampino	12.599584°	41.804298°	


Vita nominale, vita utile e periodi di ritorno dell'azione sismica

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 40 di 50

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2008 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame l'opera appartiene ragionevolmente alla Classe d'Uso II, ossia:

“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”.

Pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2008, alla Classe d'Uso II corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a:


$$C_U = 1.$$

L'azione sismica di verifica delle opere viene quindi definita in relazione ad un periodo di riferimento V_R ottenuto, per ciascun tipo di opera, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

L'azione sismica di progetto va determinata in funzione degli Stati Limite di verifica ed alle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R . Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2008 al par. 3.2.1 sono:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- Stati limite di Esercizio (SLE):
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

- o Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento PVR dalla relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1-PVR)$$

I valori di periodo di ritorno dell'azione sismica, per i diversi Stati Limite, sono indicati nella seconda colonna di Tabella 8-2.

I valori di a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione lungo il tratto orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), per il sito di interesse e i periodi di riferimento, sono riportati nella sopracitata Tabella 8-2.

Tabella 8-2. Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni.


SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
SLO	30	0.053	2.430	0.257
SLD	50	0.071	2.368	0.267
SLV	475	0.164	2.597	0.273
SLC	975	0.208	2.540	0.280

Risposta sismica locale

Le NTC2018 definiscono il fattore di sito S come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s), sia dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_s \cdot S_T$$

La classificazione del sottosuolo si conduce in base alle condizioni stratigrafiche ed al valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definito dall'espressione:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA					
	PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NR45	21 R 69	RG	GE 0001 001	B	42 di 50

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = valore di velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;


H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per il presente studio, è stata considerata la campagna di indagini geofisiche (cfr doc. NR0N00D69IGGE0001001A) che ha compreso l'esecuzione di una prova di tipo MASW (MASW1 in Figura 8-2). I risultati della prova restituiscono un valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ pari a 408 m/s, che secondo la normativa vigente appartiene alla classe B, come si osserva in Tabella 8-3.

Considerando tuttavia le risultanze del sondaggio geognostico eseguito nell'area in studio, in particolare i valori di N_{SPT} medio bassi e la tipologia di roccia piroclastica molto disgregata, come riportato nell'elaborato NR4521R69IGGE0001001A, si può cautelativamente collocare l'area in classe C.

Tabella 8-3 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.II delle NTC2018).

Suolo	Descrizione geotecnica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B

Suolo	Descrizione geotecnica
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

I coefficienti S_S per la categoria di sottosuolo C si ottengono dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.50$$

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, il sito di progetto si colloca su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1 - Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta pari a:

$$S_T = 1$$

Sulla base di quanto sopra, i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono riportati in Figura 8-4.

Si rimanda al testo delle NTC2018 per ogni altra indicazione, ad esempio in merito alla definizione degli spettri elastici di risposta.

Tabella 8-4 – Valori di a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale) e dei coefficienti di sito S ($S_T=1$) e accelerazione di progetto a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	S (-)	a_{max} (g)
SLO	30	0.053	1.5	0.193
SLD	50	0.071	1.5	0.253
SLV	475	0.164	1.445	0.614
SLC	975	0.208	1.382	0.732

8.3 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve rappresentate in Figura 8-6 (coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$) e Figura 8-7 (coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).

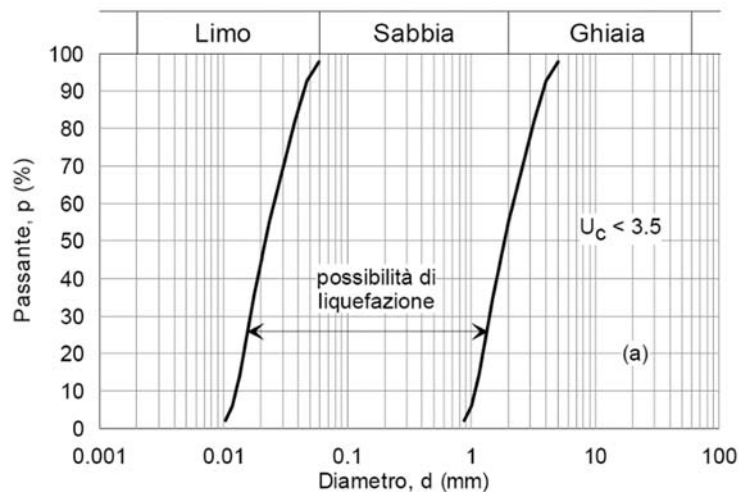


Figura 8-6 – Ambito di potenziale liquefacibilità dei terreni ($U_c < 3.5$).

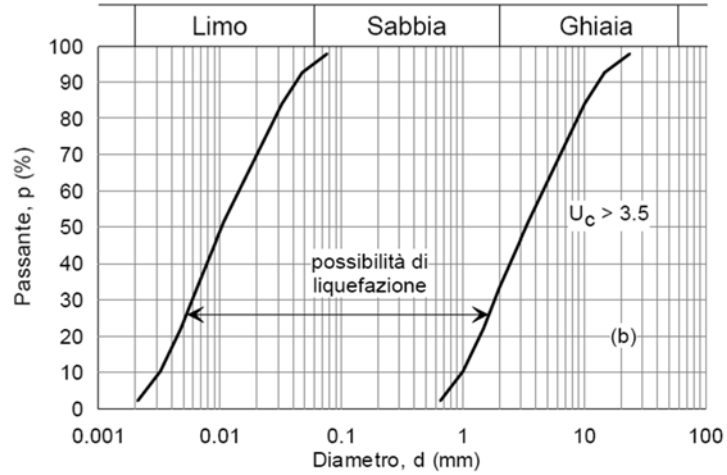



Figura 8-7 – Ambito di potenziale liquefacibilità dei terreni ($U_c > 3.5$).

Nell'area in esame la falda si trova a circa 20 m da p.c. come descritto nel paragrafo 4.2 e quindi la verifica a liquefazione può essere omessa.

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 46 di 50

9 CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che:

- Dal punto di vista geografico, la tratta di interesse è situata nel Comune di Ciampino, lungo la linea ferroviaria Roma-Albano L., presso la fermata ferroviaria di Ciampino, nei pressi dell'omonimo aeroporto.
- Dal punto di vista geologico-strutturale l'area romana è legata all'evoluzione del margine tirrenico che a partire dal Pliocene viene interessato da un progressivo processo di rifting, che porta ad un notevole assottigliamento crostale. Durante il Pleistocene inferiore si assiste ad un mutamento delle condizioni paleogeografiche del bacino di sedimentazione dovute sia a movimenti tettonici sia dal ripetersi di periodi glaciali e interglaciali che provocarono oscillazioni del livello marino. Tali mutamenti portarono ad una diversificazione dei prodotti di sedimentazione che da depositi prevalentemente argillosi marini passarono progressivamente verso l'alto a sedimenti limosi e sabbiosi di origine continentale. Tali terreni costituiscono oggi le unità più antiche che affiorano sul territorio comunale. A sud e ad est di Roma si hanno prevalentemente i prodotti vulcanici legati all'attività dei Colli Albani; l'area in esame si trova sulle piroclastiti dell'ultima grande eruzione ignimbratica del vulcano dei Colli Albani e sui sovrastanti depositi ignimbratici di lahar, che hanno successivamente riempito le paleovalle glaciali wurmiane.
- Dal punto di vista geomorfologico il paesaggio risulta articolato in varie morfologie dovute ad attività geodinamiche (faglie, deformazione di carattere distensivo ed attività eruttive) ed esogene (come ad esempio i processi fluviali, lacustri e marini di erosione). L'area in esame si trova nel fondovalle del complesso vulcanico dei Colli Albani ed è caratterizzata dalla presenza di corsi d'acqua con portate ridotte, che hanno sedimentato depositi alluvionali nei pressi dei loro alvei e hanno originato terrazzi lungo le sponde. Le scarse pendenze del terreno nei pressi dell'area di studio non consentono l'originarsi di fenomeni gravitativi e si segnala solamente la presenza di cave a cielo aperto ad est dell'area di progetto; a causa della lontananza delle cave dal sito di intervento e delle ridotte dimensioni delle loro scarpate, si esclude che queste possano originare rischi per il progetto oggetto del seguente elaborato.
- Da un punto di vista idrogeologico il territorio romano si mostra molto variabile in rapporto alla variabilità delle caratteristiche litologiche o giaciture dei terreni. Le argille rappresentano il letto di ogni circolazione idrica sotterranea e al di sopra di tale substrato impermeabile poggiano le serie sedimentarie pre-vulcaniche con orizzonti più o meno sabbiosi e ghiaiosi (con buona permeabilità) alternati ad argille.

L'area di progetto si trova all'interno dell'unità idrogeologica del Colli Albani, che si trova sopra ai depositi pre-vulcanici e che comprende complessi idrogeologici con potenziale acquifero medio-alto e alimenta molti dei corsi d'acqua secondari presenti nell'area.

Le rocce presenti nell'area di progetto fanno parte del Complesso delle Pozzolane, che ha potenzialità acquifera media e porosità primaria da media a medio-alta e porosità da fessurazione elevata. Tramite alcune in sondaggio di tipo Lefranc si è potuto stabilire che le piroclastiti presenti nell'area hanno una conducibilità idraulica dell'ordine di 10^{-5} m/s.

- Per quanto concerne il modello geologico dell'area di progetto, si fa riferimento ai sondaggi S10, S11, S12, S13 e S14, così ordinati da NO a SE ed eseguiti durante la campagna Italferr 2020 per il presente progetto in corrispondenza della stazione ferroviaria di Ciampino. Essi sono situati nella zona in cui affiora il Distretto Vulcanico Albano ed in particolare sono ubicati sulle piroclastiti della Formazione del Tavolato, che riempiono le valli scavate nell'Unità di Villa Senni. Mediante una sezione tracciata nell'elaborato NR0N00D69NZGE0001001A si è potuto osservare che sotto il piano campagna è presente un livello sabbioso-ghiaioso di terreno di riporto il cui spessore si riduce da 3.4 m nel sondaggio S10 fino a scomparire a SE nel sondaggio S14. Sotto a tale livello sono presenti le piroclastiti sabbiose più o meno addensate e litificate della Formazione del Tavolato e dell'Unità di Villa Senni, con presenza di lenti limose nella Formazione del Tavolato. Nel sondaggio S14, spinto a maggiore profondità rispetto agli altri sondaggi, fino a 50 m da p.c., compare un livello di vulcaniti poco fratturate seguito da un livello di piroclastiti molto alterate fino a fondo foro. Nei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità in foro di tipo Lefranc, che permettono di attribuire alle piroclastiti della Formazione del Tavolato una conducibilità idraulica tra $1,94 \times 10^{-6}$ e $2,71 \times 10^{-5}$ m/s e tra $1,06 \times 10^{-5}$ e $4,41 \times 10^{-5}$ m/s per le piroclastiti del membro delle Pozzolanelle dell'Unità di Villa Senni. In due sondaggi (S10 e S13) sono stati installati piezometri a tubo aperto dai quali si è potuta misurare la soggiacenza e quindi la quota della falda, che si trova a circa 90 m s.l.m nell'area di progetto e quindi a 20/30 m da p.c.
- Dal punto di vista sismico, il sito risulta caratterizzato da sismicità elevata. Sulla base dei risultati delle prove di tipo MASW eseguite a supporto del progetto si assegna all'area di progetto la categoria di suolo di tipo C. Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione dei terreni, le verifiche condotte evidenziano come il sito di progetto sia da ritenersi stabile rispetto a tale fenomeno vista la profondità della falda superiore ai 15 metri da p.c..

	QUADRUPPLICAMENTO CIAMPINO - CAPANNELLE E NUOVO PRG CIAMPINO 2^ FASE LATO ROMA PRG					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA NR45	LOTTO 21 R 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 48 di 50

10 BIBLIOGRAFIA

- Basili, R., and V. Kastelic (2011). D3.4 – *Database of active faults and seismogenic sources*, SHARE, 31.05.2011.
- Canuti D., Bazzicalupo L., Torresi M. (2015). Carta geologica dello studio di impatto ambientale dell'aeroporto "G.B. Pastine di Ciampino". Aeroporti di Roma S.p.A. <https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/1578/2592>
- Capelli, G., Mastrorillo, L., Mazza, R., & Petitta, M. Carta delle Unità Idrogeologiche della Regione Lazio, scala 1: 250.000. Regione Lazio. S. EL. CA., Firenze, 2012a
- Capelli, G., Mastrorillo, L., Mazza, R., Petitta, M., Baldoni, T., Banzato, F., & Teoli, P. Carta Idrogeologica della Regione Lazio, scala 1: 100.000 (4 fogli). Regione Lazio, 2012b
- Carta delle fasce idrauliche sul reticolo secondario e minore Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Fiume Tevere;(2012). <http://www.abtevere.it/node/1010>.
- Carta dei fenomeni franosi del Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) del Fiume Tevere; (2002). <http://www.abtevere.it/node/133?q=node/134>.
- Cinti F. R., Cucci L., Pantosti D., D'Addezio G. e Meghraoui M. (1997). A major seismogenic fault in a "silent area": the Castovillari fault (southern Apennines, Italy). *Geophys. J. Int.*, 130, 595-605.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.
- De Rita, D., Funicello, R., & Parotto, M. (1988). Geological map of the Colli Albani volcanic complex. Progetto Finalizzato Geodinamica CNR, Rome.
- Funicello, R., Giordano, G. (2008). Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, foglio 374.
- Funicello, R., & Giordano, G. (Eds.). (2008). Roma: foglio 374. Università degli studi Roma Tre. Dipartimento di scienze geologiche.

- Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A., (2005) – *Seismogenic source potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. Geophys. J. Int., **161**, 739-762.
- Giardini, D., J. Woessner, L. Danciu, G. Valensise, G. Grünthal, F. Cotton, S. Akkar, R. Basili, M. Stucchi, A. Rovida, D. Stromeyer, R. Arvidsson, F. Meletti, R. Musson, R., K. Sesetyan, M. B. Demircioglu, H. Crowley, R. Pinho, K. Pitilakis, J. Douglas, J. Fonseca, M. Erdik, A. Campos-Costa, B. Glavatovic, K. Makropoulos, C. Lindholm, T. Cameelbeeck (2013). *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE)*: Online Data Resource, <http://portal.share-eu.org:8080/jetspeed/portal/>, doi: 10.12686/SED-00000001-SHARE, 2013.
- Haller K. M.m and Basili R. (2011). *Developing seismogenic source models based on geologic fault data*. Seismol. Res. Lett., **82**, 519-525.
- Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (a cura di) (2011). *DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI11>.
- Mantovani E., Babbucci D., Albarello D., Mucciarelli M. (1990). *Deformation pattern in the central Mediterranean and behavior of the African-Adriatic promontory*. Tectonophysics, **179**, 63-79, Mantovani E., La previsione della pericolosità sismica in Italia. Le Scienze, **257**, 16-25, 1990.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008). *A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. Tectonophysics, **450**(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.
- Michetti A. M., Ferrelly L., Serva L. e Vittori E. (1997). Geological evidence for strong historical earthquakes in an “aseismic” region: the Pollino case (southern Italy). J. Geodynamics, **24**, 67-86.
- Mongelli, F., Zito, G., Della Vedova, B., Pellis, G., Squarci, P. and Taft, L. (1991). *Geothermal regime of Italy and surrounding seas, in Exploration of the deep continental crust*, V. Cermak and L. Rybach eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 14 gennaio 2008.
- Rovida, A., Camassi, R., Gasperini P. e Stucchi, M. (a cura di) (2011). *CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11.

- Succhiarelli C., D'Ottavio D., (2008) Piano Regolatore Generale, Componenti geologica, idrogeologica e sismica, Relazione Illustrativa, Comune di Roma.
- Valensise, G. and Pantosti, D. (a cura di) (2001). *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. Ann. Geofis. 44, Suppl. 1, con CD-ROM.
- Youd T.L., Idriss I.M., Andrus R.D., Castro G., Christian J.T., Dobry R., Finn L.W.D., Harder L.F. Jr., Hynes M.H., Ishihara K., Koester J.P., Liao S.S.C., Marcuson W.F. III, Martin G.R., Mitchell J.K., Moriwaki Y., Power M.S., Robertson P.K., Seed R.B. and Stokoe K.H. II (2001). Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 127 (10), 817-833.